

PENGARUH PERBANDINGAN *WATER BINDER RATIO* (W/B) TERHADAP KUAT TEKAN PADA PEMBUATAN *DRY GEOPOLYMER* MORTAR DENGAN NaOH 12 M

Ira Febriyanti Fitrianasari

Progam Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

irafebriyanti73@gmail.com

Abstrak

Pada era globalisasi ini, pembangunan semakin meningkat dan telah menjadi kebutuhan pokok setiap manusia, khususnya dibidang konstruksi. Hal tersebut menyebabkan terjadinya perubahan iklim pada atmosfer serta menghasilkan efek rumah kaca yaitu Karbon dioksida (CO_2). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan solusi yang tepat agar produksi Karbon dioksida (CO_2) sebagai dampak negatifnya dapat diminimalisir serta pembangunan dunia konstruksi tetap berjalan sebagaimana mestinya.

Mortar geopolymer dibuat menggunakan bahan dasar *Fly ash* tipe C tanpa menggunakan semen. Dengan komposisi tertentu, *Fly ash* tipe C akan menjadi bahan pengikat setelah dicampur dengan bubuk *aktivator* kering, pasir, dan *aquades* lalu menjadi *dry geopolymer* mortar. Bubuk *aktivator* kering dibuat dengan mencampurkan larutan NaOH 12 M dan kapur hingga membentuk pasta. Lalu, dimasukan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam. Setelah itu, dilakukan penumbukan hingga menjadi bubuk *aktivator* kering.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan dan standar tertinggi *Water Binder Ratio* (W/B) terhadap kuat tekan pada pembuatan *dry geopolymer* mortar dengan NaOH 12 M. Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Benda uji berbentuk mortar dengan ukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ dengan sampel 72 buah mortar yang masing-masing berjumlah 8 benda uji dengan 3 sampel. Untuk perbandingan *Water Binder Ratio* (W/B) = 0,25 ; 0,30 ; 0,35 ; 0,40 ; 0,45 ; 0,50 dan 0,55. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan menggunakan alat uji kuat tekan yaitu *Universal Testing Machine*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, berat volume mortar terbesar yaitu 2.40 gram/cm^3 dan nilai kuat tekan tertinggi yaitu 9.45 MPa didapat pada variasi W/B = 0.40 pada usia 28 hari. Dibandingkan dengan mortar dengan variasi W/B < 0.40 dan variasi W/B > 0.40 berat volume dan kuat tekan yang dihasilkan rendah.

Kata kunci : *Dry Geopolymer* Mortar, *Fly ash* tipe C, Bubuk *Aktivator* Kering, *Water Binder Ratio* (W/B), Berat Volume, Kuat Tekan, Pemanasan Global.

Abstract

In this era of globalization, development is increasing and has become the basic needs of every human being, especially in the field of construction. This causes the occurrence of climate change in the atmosphere and produce a greenhouse effect that is Carbon dioxide (CO_2). To overcome these problems, the right solution is needed so that the production of Carbon dioxide (CO_2) as a negative impact can be minimized and the construction of the construction world continues to run properly.

Mortar geopolymer is made using *Fly ash* type C base material without using cement. With certain compositions, *Fly ash* type C will become a binder after being mixed with dry activator powder, sand, and *aquades* then into dry geopolymer mortar. Dry activator powder is made by mixing a 12 M NaOH solution and lime to form a paste. Then, put in an oven with a temperature of 110°C for 24 hours. After that, the collision is done to a dry activator powder.

The purpose of this research is to know the comparison and the highest standard of *Water Binder Ratio* (W / B) to the compressive strength in making dry geopolymer mortar with NaOH 12 M. The research design used is mortal test specimen with size $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ with sample 72 mortar each of which amounted to 8 specimens with 3 samples. For comparison of *Water Binder Ratio* (W / B) = 0.25; 0.30; 0.35; 0.40; 0.45; 0.50 and 0.55. Tests of mortar compressive strength were performed at ages 7, 14, and 28 days using a compressive strength testing apparatus, the *Universal Testing Machine*.

The results showed that the largest weight of mortar volume was 2.40 gram / cm^3 and the highest compressive strength value of 9.45 MPa was found in variation W / B = 0.40 at 28 days. Compared with mortar with variation W / B < 0.40 and variation W / B > 0.40 volume weight and low compression strength.

Keywords: *Dry Geopolymer* Mortar, *Fly ash* type C, Dry Activator Powder, *Water Binder Ratio* (W / B), Volume Weight, Compressive Strength, Global Warming.

PENDAHULUAN

Pada zaman di era globalisasi ini, pembangunan semakin meningkat dan telah menjadi kebutuhan pokok setiap manusia, khususnya dibidang konstruksi. Hal

tersebut membuat kebutuhan akan bahan dan material konstruksi juga ikut meningkat.

Semen merupakan salah satu material yang digunakan dalam suatu konstruksi. Meningkatnya penggunaan material semen membuat para perusahaan

memproduksi semen secara besar-besaran. Hal tersebut menyebabkan terjadinya perubahan iklim pada atmosfer serta menghasilkan efek rumah kaca yaitu Karbon dioksida (CO_2). Berdasarkan penelitian Davidovits (1991) pada saat proses pembuatan semen sebanyak 1 ton akan menghasilkan limbah gas buangan Karbon dioksida (CO_2) sebanyak 1 ton. Gas Karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan dilepaskan ke atmosfer dengan bebas sehingga dapat merusak lingkungan hidup juga diantaranya dapat menyebabkan pemanasan global.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan solusi yang tepat agar produksi Karbon dioksida (CO_2) sebagai dampak negatifnya dapat diminimalisir serta pembangunan di dunia konstruksi tetap berjalan sebagaimana mestinya. Davidovits (1994) menamakan temuannya yaitu *geopolymer* karena merupakan sintesa bahan-bahan alam non organik lewat proses polimerisasi. Mortar *geopolymer* merupakan mortar dengan material yang memiliki kandungan oksida silika dan alumina yang tinggi.

Abu Terbang (*Fly Ash*) merupakan salah satu bahan dasar utama dalam pembuatan mortar *geopolymer* karena memiliki kandungan oksida silika dan alumina. Menurut ASTM C618 (ASTM, 1995:304), Abu Terbang (*Fly Ash*) adalah material yang halus yang berasal dari sisa peleburan besi baja dan batu bara., Abu terbang (*Fly Ash*) diklasifikasikan sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), sehingga dengan memanfaatkan Abu terbang (*Fly Ash*) merupakan upaya untuk mengurangi volume dan tingkat bahaya limbah yang keluar ke lingkungan. Sebagai bahan pengganti semen, penggunaan *geopolymer* berbahan dasar Abu terbang (*Fly Ash*) dapat menurunkan produksi gas CO_2 yang dihasilkan selama proses produksi semen. Namun Abu Terbang (*Fly Ash*) tidak memiliki kemampuan mengikat seperti semen tetapi dengan adanya air dan *Alkaline Activator* (Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida), oksida silika yang dikandung oleh Abu terbang (*Fly Ash*) akan bereaksi secara kimia.

Namun kendala utama *geopolymer* adalah pada proses perawatannya. Proses perawatan *geopolymer* membutuhkan suhu yang tinggi untuk mempercepat reaksi polymer yang terjadi selama proses pengerasan (Wardhono et al. 2012). Rendahnya kandungan calcium (Ca) pada *geopolymer* menyebabkan proses pengerasan yang lambat. Namun hal ini dapat diatasi dengan menggunakan bahan tambahan yang memiliki kandungan Ca yang cukup tinggi. Dari itulah dipilih bahan yang memiliki kandungan Ca yang tinggi yaitu kapur.

Pengembangan mortar *geopolymer* dapat memberikan solusi untuk menghasilkan bahan konstruksi ramah lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan. Namun, kendala yang terjadi di lapangan yaitu pada umumnya masih menggunakan metode basah yang tidak

semua orang bisa melakukannya. Maksudnya metode basah yaitu bahan kimia alkali aktivator yang digunakan disajikan sendiri dalam bentuk larutan. Padatan Sodium Hidroksida (NaOH) dilarutkan sesuai konsentrasi molar yang diinginkan dan Na_2SiO_3 (Sodium Silikat) berwujud larutan atau biasa disebut *water glass*. larutan tersebut kemudian dicampur dengan bahan pozzolan yang disiapkan dalam wadah tersendiri sebelumnya (Abdullah et al, 2013). Sehingga, untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan penanganan khusus yaitu dengan menggunakan metode kering agar bisa mempermudah pencampurannya. Dari penjelasan tersebut, penulis akan melakukan eksperimen yaitu pengaruh penambahan NaOH 12M pada pembuatan *dry geopolymer* mortar.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas adapun rumusan masalah yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perbandingan *Water Binder Ratio* (W/B) terhadap kuat tekan pada pembuatan *dry geopolymer* mortar dengan NaOH 12 M?
2. Berapa standar tertinggi *Water Binder Ratio* (W/B) terhadap kuat tekan pada pembuatan *dry geopolymer* mortar dengan NaOH 12 M?

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini berdasarkan uraian rumusan masalah diatas antara lain :

1. Untuk mengetahui pengaruh perbandingan *Water Binder Ratio* (W/B) terhadap kuat tekan pada pembuatan *dry geopolymer* mortar dengan NaOH 12M.
2. Untuk mengetahui standar tertinggi *Water Binder Ratio* (W/B) terhadap kuat tekan pada pembuatan *dry geopolymer* mortar dengan NaOH 12 M.

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal, sebagai berikut :

1. Material pembentuk beton *geopolymer* :
 - a) Fly ash kelas C dari CV. Dwi Mitra Surya.
 - b) Cairan *aktivator* yaitu Cairan dan Sodium Hidroksida (NaOH) konsentrasi 12M.
 - c) Untuk perbandingan *Water Binder Ratio* (W/B)= 0.20; 0.25; 0.30; 0.35; 0.40; 0.45; 0.50; dan 0.50.
 - d) Kapur yang digunakan yaitu kapur yang diperoleh dari toko Galangan di Jalan Ketintang, Surabaya.
 - e) Agregat halus yang dipakai yaitu pasir Lumajang.
 - f) Air yang digunakan adalah Air suling dari PT. Brataco.
2. Benda uji yang digunakan berbentuk mortar dengan ukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ dengan sampel 72 buah mortar yang masing-masing berjumlah 8 benda uji dengan 3 sampel.
3. Pemeriksaan kuat tekan mortar dilakukan pada umur 3, 7, dan 28 hari.

4. Tidak memperhitungkan biaya dalam pembuatan *dry geopolymer* mortar.
Manfaat dari penelitian ini antara lain :
 1. Memberikan pengetahuan tentang bagaimana pengaruh perbandingan *Water Binder Ratio* (W/B) terhadap kuat tekan pada pembuatan *dry geopolymer* mortar dengan NaOH 12 M
 2. Memberikan pengetahuan tentang standar tertinggi perbandingan *Water Binder Ratio* (W/B) terhadap kuat tekan pada pembuatan *dry geopolymer* mortar dengan NaOH 12 M.
 3. Mengurangi limbah abu terbang (*Fly Ash*) serta memberikan solusi terhadap pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari produksi semen.
 4. Memberikan rujukan/referensi bagi kalangan akademisi untuk keperluan studi dan penelitian selanjutnya mengenai topik permasalahan yang sama.

KAJIAN PUSTAKA

Mortar *Geopolymer* adalah mortar dengan bahan pengikat menggunakan material alami. Material alami yang digunakan adalah material yang memiliki kandungan oksida silica dan alumina tinggi yaitu *Fly Ash*, *ground granulated blastfurnace ash*, dan lain - lain. *Fly Ash* yang digunakan harus diaktifkan dengan larutan alkali berupa *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3) untuk meningkatkan reaksi polimerisasi.

Adapun penyusun *dry geopolymer* mortar sebagai berikut:

1. Abu terbang (*Fly ash*)

Fly Ash adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozzolani (SNI-03-6414-2002 (2002 : 145)).

2. Kapur

Batu kapur adalah salah satu batuan sedimen yang kaya akan kandungan kalsium karbonat dan merupakan bahan dasar utama pembuatan semen

3. Agregat halus (pasir)

Pasir adalah agregat halus yang berfungsi sebagai pengisi pori-pori dalam campuran adukan mortar. Sifat-sifat pasir yang dipergunakan sangat mempengaruhi kualitas adukan mortar. Kandungan air dalam pasir mempengaruhi perbandingan factor air binder sedangkan kandungan lumpurnya mempengaruhi kekuatan dan sifat awet bangunan. Bentuk dari butiran pasir mempengaruhi proses pengikatan, maka pasir yang dipakai sebaiknya harus bersih dari lumpur, tanah liat, bahan-bahan lainnya.

4. *Sodium Hidroksida* (NaOH)

Sodium Hidroksida (NaOH) berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *Fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. *Sodium hidroksida* (NaOH) murni yang tersedia umumnya berupa pellet, serpihan, butiran dengan kadar 98%. Sebagai aktivator, *Sodium hidroksida* harus dilarutkan terlebih dahulu dengan air sesuai dengan molaritas yang diinginkan. Larutan *Sodium Hidroksida* (NaOH) ini setidaknya harus dibuat dan didiamkan selama satu malam (24 jam) sebelum pemakaian.

5. Air (*Water*)

Air adalah bahan dasar pembuatan beton yang paling murah dan paling penting. Secara umum air yang dapat digunakan dalam campuran adukan mortar adalah air yang apabila dipakai akan menghasilkan mortar dengan kekuatan lebih dari 90% dari mortar yang memakai air suling.

Kuat Tekan

Menurut Tjokrodinuljo (1996), Kuat tekan beton ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, air, dan berbagai jenis bahan tambahan. Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Perbandingan air dengan semen merupakan faktor utama dalam menentukan kuat tekan beton, kuat tekan beton dapat dihitung dengan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right) \dots \dots \dots (1.1)$$

Keterangan :

- σ : Kuat tekan beton (N/mm²).
 P : Beban maksimum (N)
 A : Luas penampang benda uji (mm²)

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah uji laboratorium (*experimental*), merupakan penelitian yang berasal dari beberapa sumber yang sudah ada melalui jurnal ilmiah untuk selanjutnya dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan merancang komposisi penambahan variasi molaritas NaOH pada *dry geopolymer* mortar berbahan dasar Abu terbang (*Fly Ash*) dan kapur.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Untuk memperoleh data, maka pada penelitian ini dilakukan pada :

1. Lokasi penelitian :
Laboratorium Teknologi Bahan dan Beton
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Surabaya.
2. Waktu Penelitian :
Bulan Desember 2017 – Maret 2018.

C. Populasi dan Sampel

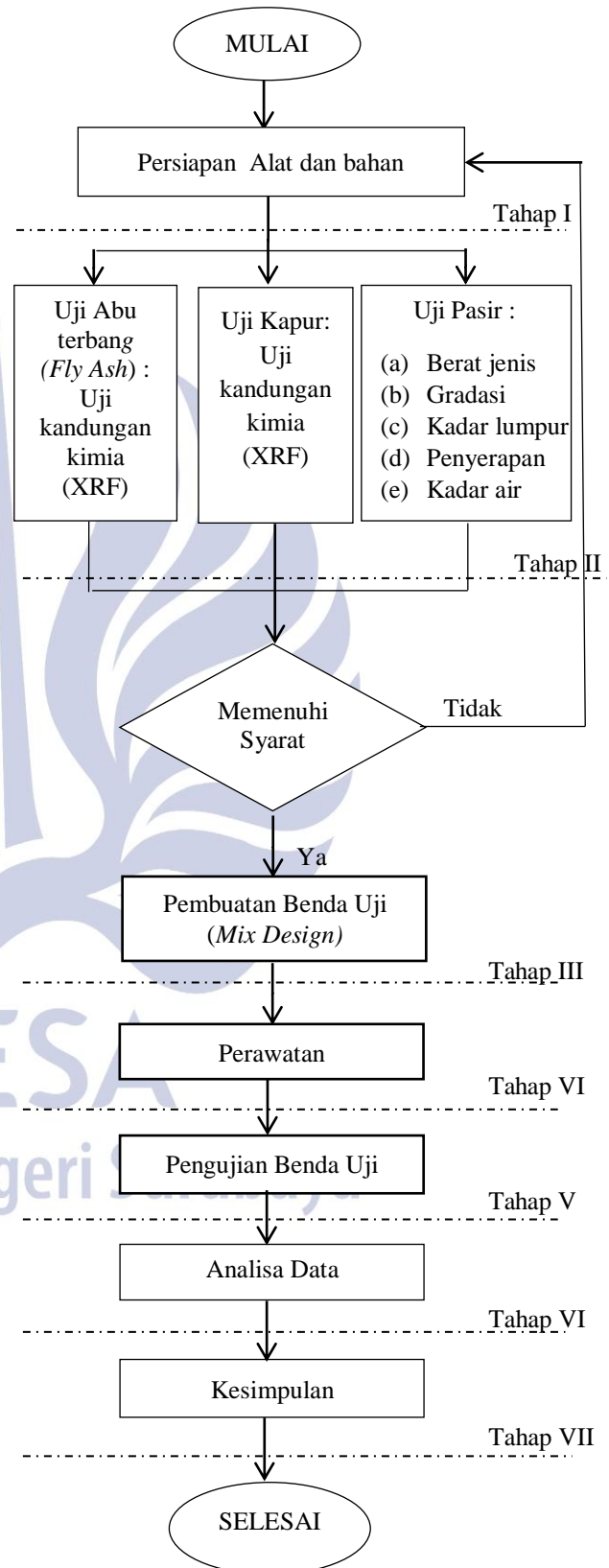
1. Populasi
Populasi dalam penelitian ini adalah data hasil pengujian mortar kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm berupa data kuat tekan *dry geopolymer* mortar.
2. Sampel
Penelitian ini digunakan sampel dari semua populasi dikarenakan jumlah populasi bersifat data hasil pengujian di Laboratorium dengan sampel benda uji dengan jumlah 72 buah ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.

D. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)
Variabel bebas adalah variabel yang akan diuji pengaruhnya terhadap tingkah laku yang terjadi. Dalam penelitian ini, variabel bebasnya adalah *Water Binder Ratio* (W/B).
2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)
Variabel terikat adalah variabel yang menjadi akibat dari variabel bebas yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini, variabel terikatnya adalah kuat tekan *dry geopolymer* mortar.
3. Variabel kontrol (*Control Variable*)
Variabel kontrol adalah variabel konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Dalam penelitian ini, sebagai variabel kontrol antara lain:
 - a. Abu terbang (*Fly ash*) tipe C dari CV. Dwi Mitra Surya.
 - b. Kapur yang digunakan adalah kapur yang diperoleh dari toko Galangan di Jalan Ketintang, Surabaya.
 - c. Cairan *aktivator* yaitu cairan *Sodium Hidroksida* (NaOH) konsentrasi 12M.
 - d. Agregat halus yaitu pasir Lumajang.
 - e. Air yang digunakan adalah Air suling dari PT. Brataco.
 - f. Pengujian kuat tekan mortar pada usia 7, 14, dan 28 hari.

E. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara bertahap yang ditunjukkan pada *flowchart* rancangan penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir (*Flow Chart*) Penelitian

1. Tahap I (Persiapan)

Pada tahap ini merupakan tahap persiapan, dimana alat-alat (Ayakan, Timbangan kapasitas 10 kg, *Mixer*, Alat Uji Vicat, Oven, Cetakan Mortar, Gelas Ukur, Tabung Ukur, Jangka Sorong dan Cawan) dan bahan-bahan (Agregat Halus, *Fly ash* tipe C, Kapur, *Sodium Hidroksida* (NaOH), dan *Aquades*) yang digunakan dipersiapkan sehingga memudahkan ketika penelitian dilaksanakan.

2. Tahap II (Pengujian Bahan)

- Agregat Halus, meliputi : Berat jenis, Gradasi, Kadar lumpur, Penyerapan, dan Kadar air.
- Pengujian XRF untuk material *Fly ash* tipe C, Kapur, dan Bubuk aktivator kering.

3. Tahap III (Pembuatan Benda Uji)

a) Larutan Aktivator (NaOH)

NaOH yang berupa pellet dilarutkan dengan *aquades* sebanyak 1000 ml. Dalam hal ini, menggunakan NaOH dengan kepekatan 12 M, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mr NaOH} &= \text{Ar Na} + \text{Ar O} + \text{Ar H} \\ &= 23 + 16 + 1 \\ &= 40 \end{aligned}$$

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{Mol}}{\text{Volume}} \text{ dimana Mol} = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}}$$

Sehingga,

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{gram}}{\text{Mr}} \times \frac{1}{\text{Volume}}$$

$$\begin{aligned} 12 \text{ Mol} &= \frac{\text{gram}}{40} \times \frac{1}{1} \\ &= 12 \times 40 \\ &= 480 \text{ gram} \end{aligned}$$

Jadi, dibutuhkan 480 gram *Sodium Hidroksida* (NaOH) dan 1 liter *aquades* untuk membuat 1 liter cairan *Sodium Hidroksida* (NaOH) 12 M.

b) Rencana *Mix Design*

Berikut ini rencana *mix design* Mortar 12 M yang digunakan untuk membuat benda uji mortar yaitu

Tabel 1. Rencana *Mix Design* Mortar 12 M

Mix Design	Material Pengusun						Jumlah Benda Uji		
	PC	NaOH	Kapur	FA	Pasir	WB	7 Hari	14 Hari	28 Hari
Kontrol	1	-	-	-	2.75	0.5	3	3	3
BU 1	-	0.06	0.1	0.84	2.75	0.25	3	3	3
BU 2	-	0.06	0.1	0.84	2.75	0.3	3	3	3
BU 3	-	0.06	0.1	0.84	2.75	0.35	3	3	3
BU 4	-	0.06	0.1	0.84	2.75	0.4	3	3	3
BU 5	-	0.06	0.1	0.84	2.75	0.45	3	3	3
BU 6	-	0.06	0.1	0.84	2.75	0.5	3	3	3
BU 7	-	0.06	0.1	0.84	2.75	0.55	3	3	3
Jumlah							24	24	24
Jumlah Total							72		

Setelah pembuatan rancangan *mix design*, perlu dilakukan perhitungan kebutuhan *mix*

design dalam pembuatan *dry geopolymer* mortar 12 M. Berikut ini merupakan perhitungan kebutuhan yang digunakan yaitu :

Tabel 2. Kebutuhan *Mix Design* Mortar 12 M

Mix Design	Material Pengusun					Jumlah Benda Uji		
	PC	AK	FA	Pasir	WB	7 Hari	14 Hari	28 Hari
Kontrol	1125	0	0	3093.75	562.5	3	3	3
BU 1	0	180	945	3093.75	281.25	3	3	3
BU 2	0	180	945	3093.75	337.5	3	3	3
BU 3	0	180	945	3093.75	393.75	3	3	3
BU 4	0	180	945	3093.75	450	3	3	3
BU 5	0	180	945	3093.75	506.25	3	3	3
BU 6	0	180	945	3093.75	562.5	3	3	3
BU 7	0	180	945	3093.75	618.75	3	3	3
Jumlah						24	24	24
Jumlah Total						72		

c) Pembuatan Aktivator Kering.

- Menyiapkan alat dan bahan (Kapur dan Larutan NaOH 12M) yang digunakan.
- Melakukan Pemilahan Kapur.
- Menimbang bahan-bahan yang digunakan sesuai perhitungan yang ditentukan.
- Mencampurkan kapur dan NaOH 12 M hingga membentuk pasta. Lalu, membentuk kecil-kecil pasta *aktivator* agar dalam proses pengeringan bisa kering merata.
- Memasukkan pasta aktivator tersebut kedalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- Menumbuk *aktivator* kering dalam bentuk bongkahan hingga menjadi bubuk *aktivator* kering.
- Mengayak bubuk aktivator kering tersebut menggunakan ayakan no. 100.

d) Pembuatan Benda Uji

1) Pasta *Dry Geopolymer*.

Pada pembuatan pasta *dry geopolymer* ini bertujuan untuk dilakukan setting time. Dalam hal ini, Portland Cement digantikan sepenuhnya (100%) oleh bubuk *aktivator* kering, *Fly ash* tipe C, dan *aquades*. Berikut ini langkah-langkah pembuatan pasta *dry geopolymer* yaitu:

- Menyiapkan alat dan bahan.
- Menimbang bahan sesuai perhitungan yang telah ditentukan.
- Memasukkan *Fly ash* tipe C dan bubuk *aktivator* kering kedalam cawan/baskom dan mencampurkan sampai benar-benar homogen.
- Lalu, memasukkan *aquades* kedalam cawan dan mencampur seluruh bahan sampai benar-benar homogen.
- Menuangkan adonan kedalam tempat yang telah disediakan dan meratakannya.

- f. Melakukan pengujian dengan cara menjatuhkan jarum selama 30 detik, 15 menit, dan 30 menit, dan seterusnya

2) *Dry Geopolymer Mortar*.

Langkah-langkah pembuatan *dry geopolymer* mortar adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan alat dan bahan (*Fly ash* tipe C, Bubuk aktivator kering, Pasir Lumajang, dan *Aquades*) yang digunakan.
- b. Menimbang seluruh material yang digunakan sesuai kebutuhan *mix design* yang telah dihitung.
- c. Dalam waktu bersamaan dapat melakukan pekerjaan melapisi dengan oli pada cetakan dan mengunci cetakan mortar tersebut dengan kawat bendrat.
- d. Memasukkan *Fly ash* tipe C dan bubuk aktivator kering kedalam *mixer*. Lalu, mencampurkan sampai homogen.
- e. Memasukkan *aquades* kedalam *mixer* dan mencampurkan sampai benar-benar homogen.
- f. Lalu, Memasukkan pasir kedalam *mixer* dan mencampurkan sampai benar-benar homogen.
- g. Setelah pengadukan adonan mortar selesai. Kemudian, Adonan mortar beserta tempat pengadukan dipindahkan mendekati cetakan mortar yang telah disiapkan. Ketika penuangan mortar ke cetakan, adonan mortar diaduk terus agak tidak mengeras.
- h. Adukan yang telah homogen kemudian dimasukkan ke dalam cetakan kubus berdimensi 5cm x 5cm x 5cm yang telah dilapisi oli, hal ini bertujuan agar mortar tidak melekat pada cetakan.

4. Tahap IV (Perawatan).

Benda uji yang telah dibuat, akan dilakukan perawatan yaitu dengan cara benda uji diangin-anginkan selama 24 jam disuhu ruangan. Hal ini bertujuan untuk menjaga suhu dan material benda uji agar tetap stabil.

5. Tahap V (Pengujian Benda Uji).

a) Uji Vicat

Pada penelitian ini, pengujian vicat dilakukan untuk mengetahui waktu ikat awal dan akhir pada pasta *dry geopolymer* berdasarkan SNI 03-6827-2002.

b) Uji Kuat Tekan

Pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tekan yang dilakukan oleh sampel dengan umur rencana 7, 14, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium beton Jurusan Teknik

Sipil Universitas Negeri Surabaya dengan menggunakan alat uji tekan yaitu *Universal Testing Machine*. Setiap umur pengujian diwakili oleh 3 buah benda uji.

6. Tahap VI (Analisa Data).

Teknik analisa data ini, dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis.

7. Tahap VII (Kesimpulan dan Saran).

Setelah semua data diolah maka, pada tahap ini diambil kesimpulan. Yang bertujuan untuk mengetahui dan menjawab tujuan dari peneliti ini. Selanjutnya perlu diberikan rekomendasi dan saran guna peneliti selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

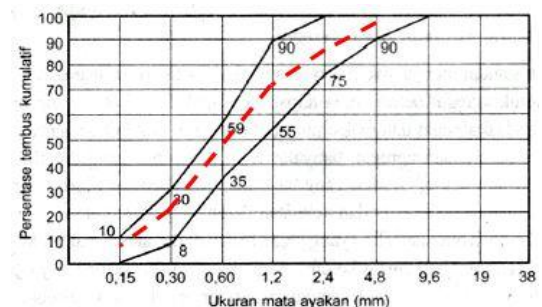
A. Hasil Pengujian Material

1. Hasil Pengujian Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan ayakan. Berikut ini merupakan hasil analisa yang didapat pada pengujian yang telah ditentukan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Analisa Ayakan.

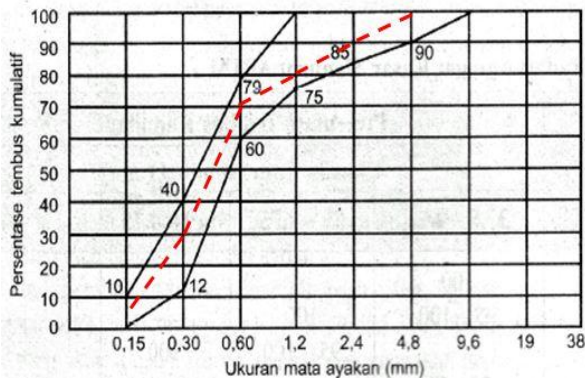
Ayakan	Tertinggal		Komulatif	
No.	Gram	%	Tertinggal	Lolos
4	36	3.6	3.6	96.4
8	101	10.1	13.7	86.3
16	152	15.2	28.9	71.1
30	254	25.4	54.3	45.7
50	243	24.3	78.6	21.4
100	139	13.9	92.5	7.5
Pan	75	7.5	0	0
Jumlah	1000	100	271.6	328.4



Gambar 1. Grafik Analisa Ayakan Pasir Zona 2

Tabel 4. Hasil Pengujian Analisa Ayakan Lapangan

Ayakan	Tertinggal		Komulatif	
	No.	Gram	%	Tertinggal
4		0 (0%)	0	0
8		155 (5%)	155	5
16		155 (5%)	310	10
30		309 (10%)	619	20
50		1547 (50%)	2166	70
100		773 (25%)	2939	95
Pan		155 (5%)	3094	100
Jumlah		3094		



Gambar 2. Grafik Analisa Ayakan Pasir Zona 3

a) Berat Jenis dan Penyerapan Pasir

Berikut adalah data hasil pengujian pasir Lumajang dilakukan di Laboratorium beton.

- 1) Berat pasir kering oven (A) = 246 gram
- 2) Berat pasir dalam keadaan SSD = 250 gram
- 3) Berat piknometer + air suling (B) = 338 gram
- 4) Berat piknometer + air + pasir (C) = 497 gram
- 5) Berat jenis pasir SSD

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis pasir SSD} &= \frac{250}{B + 250 - C} \\
 &= \frac{250}{338 + 250 - 497} \\
 &= 2.75 \text{ gram/cc}
 \end{aligned}$$

6) Penyerapan

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan} &= \frac{250 - A}{A} \times 100 \\
 &= \frac{250 - 246}{246} \times 100\% \\
 &= 1.62\%
 \end{aligned}$$

Berat jenis kering permukaan jenuh sebesar 2.75 gram/cc menunjukkan hasil yang cukup baik karena mempunyai berat jenis antara 2.0 – 3.0 gram/cc. Sedangkan untuk hasil penyerapan sebesar 1.62% merupakan hasil yang baik karena nilai penyerapan yang baik adalah dibawah 2%.

b) Pengujian Kadar Lumpur dalam Pasir

- 1) Berat pasir mula-mula (A) = 500 gram
- 2) Berat pasir bersih oven (B) = 482 gram

3) Kadar lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar lumpur} &= \frac{A-B}{B} \times 100\% \\
 &= \frac{500 - 482}{482} \times 100\% \\
 &= 3.73\% < 5\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan data hasil pengujian diatas dapat diketahui bahwa hasil diatas dapat diketahui bahwa hasil kadar lumpur yang terkandung dalam pasir yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 3.73%. Kadar lumpur yang didapat < 5%. Hal tersebut menunjukkan bahwa pasir dalam digunakan dalam penyerapan beton.

2. Hasil Pengujian Kapur

Material Kapur yang dipakai didapat dari Toko bangunan jalan Ketintang, Surabaya. Material Kapur diuji dengan Tes XRF (X-Ray Fluorescence) di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Surabaya (UM). Berikut ini merupakan Hasil Uji XRF Kapur yang disajikan pada Tabel 5 yaitu:

Tabel 5 : Hasil Uji XRF Kapur

No.	Senyawa	Presentasi (%)
1	Mg	3.3
2	Ca	94.95
3	Fe	0.32
4	Sr	0.69
5	Tm	0.54
6	Lu	0.18

3. Hasil Pengujian Abu terbang (Fly ash)

Pengujian Abut terbang dimaksudkan untuk mengetahui kandungan kimia yang terkandung didalam Abu terbang tersebut. Material Abu terbang (Fly ash) yang dipakai yaitu kelas C, yang didapat dari CV. Dwi Mitra Surya, Menganti, Gresik. Material Abu terbang (Fly ash) diuji dengan Tes XRF (X-Ray Fluorescence) di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang (UM). Berikut ini merupakan Hasil Uji XRF Abu terbang yang disajikan pada Tabel 6 yaitu:

Tabel 6. Hasil Uji XRF Abu terbang tipe C

No.	Senyawa	Presentasi (%)
1	Al	4.6
2	Si	13.1
3	S	0.4
4	K	0.97
5	Ca	24.0
6	Ti	0.92
7	V	0.05
8	Cr	0.099
9	Mn	0.76
10	Fe	51.17
11	Ni	0.02
12	Cu	0.068
13	Sr	0,80
14	Mo	1
15	In	0.07
16	Ba	0.71
17	Eu	0.4
18	Yb	0.1
19	Hg	0.54

4. Hasil Pengujian Bubuk Aktivator Kering

Material bubuk *aktivator* kering diuji dengan Tes XRF (*X-Ray Fluorescence*) di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Surabaya (UM). Berikut ini merupakan Hasil Uji XRF Bubuk Aktivator Kering yang disajikan pada Tabel 7 yaitu:

Tabel 7. Hasil Uji XRF Bubuk Aktivator Kering

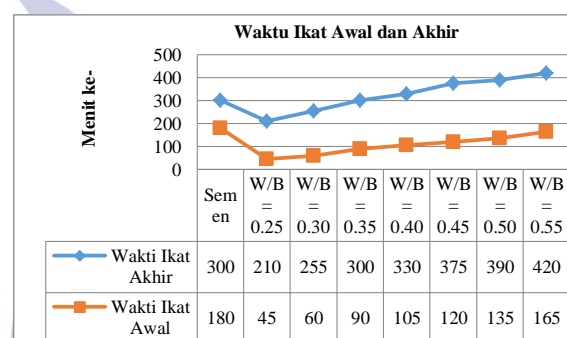
No.	Senyawa	Presentasi (%)
1	Ca	97.65
2	Fe	0.52
3	Cu	0.064
4	Sr	1.1
5	Yb	0.56
6	Lu	0.1

B. Hasil Pengujian Vicat Semen dengan Pasta Dry Geopolymer 12 M.

Berikut ini merupakan hasil pengujian waktu pengikatan awal dan akhir semen dengan *geopolymer* molaritas 12 M.

Tabel 8. Hasil Pengujian Vicat Semen dengan Pasta Dry Geopolymer 12 M

Mix Design	Waktu Ikut Awal	Waktu Ikut Akhir
	Menit ke-	Menit ke-
Semen	180	300
W/B=0.25	45	210
W/B=0.30	60	255
W/B=0.35	90	300
W/B=0.40	105	330
W/B=0.45	120	375
W/B=0.50	135	390
W/B=0.55	165	420



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Vicat Semen dengan Pasta Dry Geopolymer 12 M.

Dari hasil tes vicat diatas menunjukkan bahwa untuk variasi *mix design* semen sesuai dengan pasta semen beton konvensional dengan besarnya waktu ikat awal menunjukkan waktu 180 menit > 60 menit yang disyaratkan dan waktu ikat akhir menunjukkan waktu 300 menit < 480 menit hal itu menunjukkan bahwa hasil tersebut tidak berada jauh dari kajian teori yang sekitar ikat awal minimal 60 menit dan ikat akhir maksimal 480 menit. Untuk variasi *mix design* W/B 0.25 dan W/B 0.30 mengalami waktu pengikatan akhir lebih cepat daripada *mix design* semen. Untuk variasi *mix design* W/B 0.35 mengalami waktu pengikatan akhir sama dengan *mix design* semen. Sedangkan, Untuk variasi *mix design* W/B 0.40 sampai W/B 0.55 mengalami waktu pengikatan akhir lebih lambat daripada *mix design* semen.

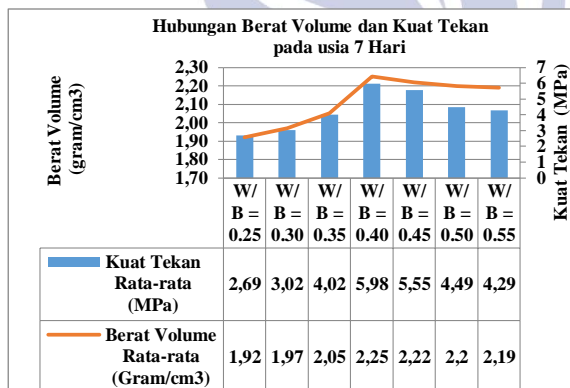
C. Hasil Pengujian Berat Volume Rata-rata, Kuat Tekan Rata-rata dan Usia Pengujian yakni 7, 14, dan 28 Hari.

a) **Hasil Pengujian Berat Volume dan Kuat Tekan pada Usia 7 Hari.**

Berikut ini merupakan hasil pengujian berat volume dan kuat tekan rata-rata pada usia pengujian 7 hari yaitu disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Berat Volume Rata-rata dan Pengujian Kuat Tekan Rata-rata pada Usia 7 Hari.

Mix Design	Umur (Hari)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Berat Volume Rata-rata (gram/cm ³)
W/B=0.25	7	2.66	1.94
W/B=0.30	7	3.02	1.97
W/B=0.35	7	4.2	2.05
W/B=0.40	7	5.98	2.25
W/B=0.45	7	5.52	2.22
W/B=0.50	7	4.49	2.21
W/B=0.55	7	4.35	2.17



Gambar 4. Grafik Hubungan Berat Volume dan Kuat Tekan pada Usia 7 Hari.

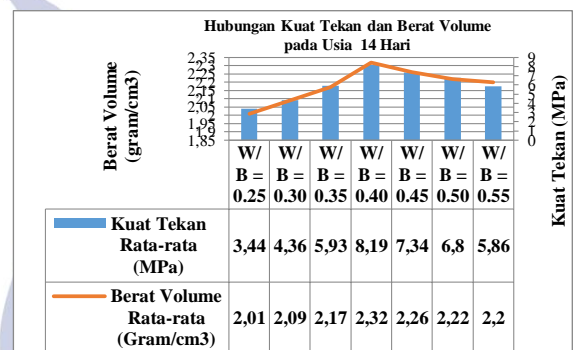
Dari Tabel 9 dan Gambar 4 diatas, bahwa mortar pada usia 7 hari, Berat volume mortar terbesar yaitu 2.25 gram/cm³ dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 5.98 MPa didapat pada variasi W/B = 0.40.

b) **Hasil Pengujian Berat Volume dan Kuat Tekan pada Usia 14 Hari.**

Berikut ini merupakan hasil pengujian berat volume dan kuat tekan rata-rata pada usia pengujian 14 hari yaitu disajikan pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil Berat Volume Rata-rata dan Pengujian Kuat Tekan Rata-rata pada Usia 14 Hari.

Mix Design	Umur (Hari)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Berat Volume Rata-rata (gram/cm ³)
W/B=0.25	14	3.44	2.01
W/B=0.30	14	4.36	2.09
W/B=0.35	14	5.93	2.17
W/B=0.40	14	8.19	2.32
W/B=0.45	14	7.34	2.26
W/B=0.50	14	6.08	2.22
W/B=0.55	14	5.86	2.20



Gambar 5. Grafik Hubungan Berat Volume dan Kuat Tekan pada Usia 14 Hari.

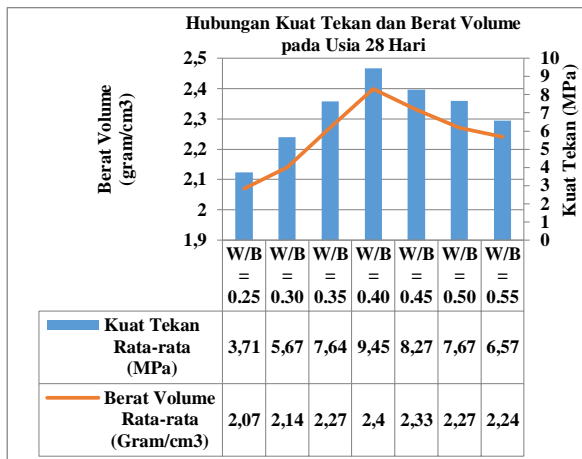
Dari Tabel 10 dan Gambar 5 diatas, bahwa mortar pada usia 14 hari, Berat volume mortar terbesar yaitu 2.32 gram/cm³ dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 8.19 MPa didapat pada variasi W/B = 0.40.

c) **Hasil Pengujian Berat Volume dan Kuat Tekan pada Usia 28 Hari.**

Berikut ini merupakan hasil pengujian berat volume dan kuat tekan rata-rata pada usia pengujian 28 hari yaitu disajikan pada tabel 11.

Tabel 11. Hasil Berat Volume Rata-rata dan Pengujian Kuat Tekan Rata-rata pada Usia 28 Hari.

Mix Design	Umur (Hari)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Berat Volume Rata-rata (gram/cm ³)
W/B=0.25	28	3.71	2.07
W/B=0.30	28	5.67	2.14
W/B=0.35	28	7.64	2.27
W/B=0.40	28	9.45	2.40
W/B=0.45	28	8.27	2.33
W/B=0.50	28	7.67	2.27
W/B=0.55	28	6.57	2.24



Gambar 6. Grafik Hubungan Berat Volume dan Kuat Tekan pada Usia 28 Hari.

Dari Tabel 11 dan Gambar 6 diatas, bahwa mortar pada usia 28 hari, Berat volume mortar terbesar yaitu 2.40 gram/cm³ dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 9.45 MPa didapat pada variasi W/B = 0.40. Hal tersebut disebabkan mortar dengan variasi W/B=0.40 memiliki pori tertutup lebih banyak dibandingkan dengan mortar dengan variasi W/B < 0.40 dan variasi W/B > 0.40 berat volume dan kuat tekan yang dihasilkan rendah.

D. Pembahasan

1. Analisa Hubungan Water Binder Ratio (W/B), Berat Volume, Kuat Tekan Dry Geopolymer, dan Usia Pengujian.

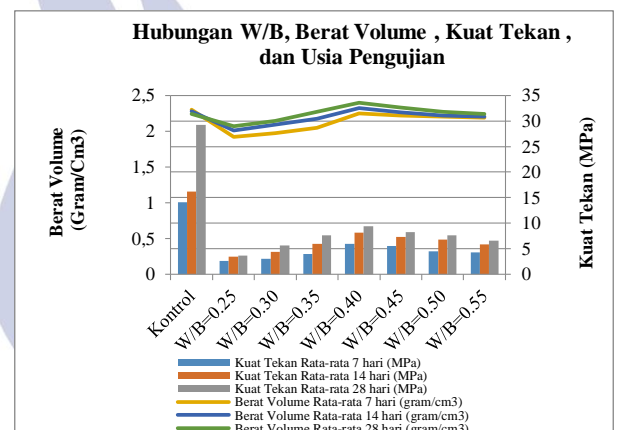
Berikut ini merupakan hasil pengujian kuat tekan rata-rata dan berat volume rata-rata pada usia pengujian 7, 14, dan 28 hari yang disajikan pada tabel 12 dan tabel 13.

Tabel 12. Hasil Kuat Tekan Rata-rata pada Usia 7, 14, dan 28 Hari.

Mix Design	Kuat Tekan Rata-rata 7 hari (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata 14 hari (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata 28 hari (MPa)
Kontrol	14.07	16.15	29.27
W/B = 0.25	2.69	3.44	3.71
W/B = 0.30	3.02	4.36	5.67
W/B = 0.35	4.02	5.93	7.64
W/B = 0.40	5.98	8.19	9.45
W/B = 0.45	5.55	7.34	8.27
W/B = 0.50	4.49	6.8	7.67
W/B = 0.55	4.29	5.86	6.57

Tabel 13. Hasil Berat Volume Rata-rata pada Usia 7, 14, dan 28 Hari.

Mix Design	Berat Volume Rata-rata 7 hari (gram/cm3)	Berat Volume Rata-rata 14 hari (gram/cm3)	Berat Volume Rata-rata 28 hari (gram/cm3)
Kontrol	2.30	2.28	2.24
W/B = 0.25	1.94	2.01	2.07
W/B = 0.30	1.97	2.09	2.14
W/B = 0.35	2.05	2.17	2.27
W/B = 0.40	2.25	2.32	2.40
W/B = 0.45	2.22	2.26	2.33
W/B = 0.50	2.21	2.22	2.27
W/B = 0.55	2.17	2.20	2.24



Gambar 7. Grafik Hubungan W/B, Berat Volume, Kuat Tekan, dan Usia Pengujian yakni 7, 14, dan 28 hari.

Dari Tabel 12, Tabel 13 dan Gambar 7 diatas, hasil berat volume rata-rata dan nilai kuat tekan rata-rata pada pembuatan *dry geopolymer* mortar dengan NaOH 12 M pada usia 7, 14, dan 28 hari, menunjukkan kenaikan terhadap kuat tekan setiap umurnya. Dapat diketahui bahwa, mortar Berat volume mortar terbesar yaitu 2.40 gram/cm³ dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 9.45 MPa didapat pada variasi W/B = 0.40 pada usia 28 hari. Hal tersebut disebabkan mortar dengan variasi W/B=0.40 memiliki pori tertutup lebih banyak dibandingkan dengan mortar dengan variasi W/B < 0.40 dan variasi W/B > 0.40 berat volume dan kuat tekan yang dihasilkan rendah. Hal ini disebabkan mortar dengan variasi W/B < 0.40 menggunakan W/B terlalu rendah sehingga pasta *dry geopolymer* tidak dapat mengikat agregat halus dengan sempurna, maka menyebabkan porositas (banyak titik kosong pada mortar) yang pada akhirnya mortar mudah keropos dan mudah pecah sehingga

mempengaruhi berat volume yang dihasilkan mortar itu sendiri. Sedangkan mortar dengan variasi $W/B > 0.40$ terjadi penurunan kuat tekan, hal ini disebabkan W/B yang digunakan terlalu besar sehingga pada saat mortar sudah kering ruang yang terisi oleh air akan membentuk rongga sehingga menyebabkan berat volume dan kuat mortar itu sendiri. Sehingga dapat disimpulkan bahwa besarnya berat volume pada mortar berbanding lurus dengan kuat tekan yang dihasilkan.

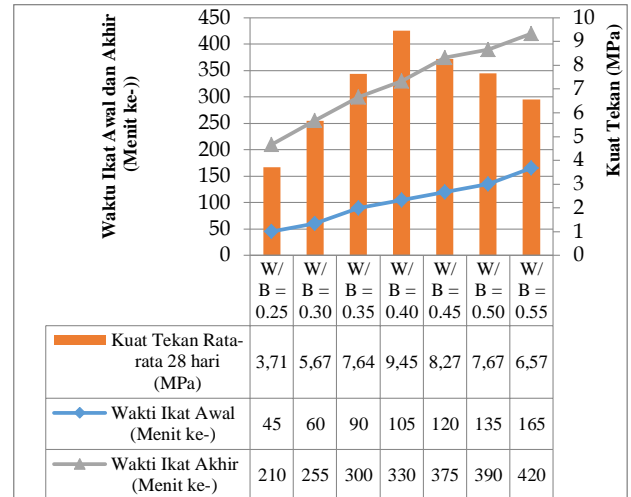
Namun apabila dibandingkan dengan hasil kuat tekan pada mortar kontrol (semen) hasilnya jauh berbeda dimana didapatkan kuat tekan tertinggi yaitu 29.27 MPa pada usia 28 hari. Hal ini disebabkan, kandungan unsur kimia Ca dan Si pada semen yang tinggi yaitu $CaO = 60-67\%$ dan $SiO_2 = 17-25\%$. Sedangkan, kandungan kimia pada *Fly ash* tipe C yang digunakan pada pembuatan *dry geopolymer* mortar ini yaitu $Ca = 24\%$ dan $Si = 13.1\%$. Maka, pada dasarnya kekuatan tekan pada mortar dapat dipengaruhi oleh kandungan kimia pada material dasar itu sendiri.

2. Analisa Hubungan Water Binder Ratio (W/B), Kuat Tekan Dry Geopolymer Mortar dengan Waktu Pengikatan Awal dan Akhir.

Berikut ini merupakan hubungan antara *Water Binder Ratio* (W/B), Kuat Tekan *Dry Geopolymer* Mortar pada usia 28 hari dengan Waktu Pengikatan Awal dan Akhir yang disajikan pada tabel 14.

Tabel 14. Hubungan W/B, Pengujian Kuat Tekan Rata-rata pada Usia 28 Hari dengan Waktu Ikut Awal dan Akhir.

Mix Design	Umur (Hari)	Rata-rata kuat tekan (MPa)	Waktu Ikut Awal (Menit ke-)	Waktu Ikut Akhir (Menit ke-)
BU 1 (W/B=0.25)	28	3.71	45	210
BU 2 (W/B=0.30)	28	5.67	60	255
BU 3 (W/B=0.35)	28	7.64	90	300
BU 4 (W/B=0.40)	28	9.45	105	330
BU 5 (W/B=0.45)	28	8.27	120	375
BU 6 (W/B=0.50)	28	7.64	135	390
BU 7 (W/B=0.55)	28	6.5	165	420



Gambar 8. Hubungan W/B, Pengujian Kuat Tekan Rata-rata pada usia 28 hari, dengan Waktu Ikut Awal dan Akhir.

Dari Tabel 14 dan Gambar 8 diatas, menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kuat tekan dari variasi BU 1 ($W/B = 0.25$) ke variasi BU 4 ($W/B = 0.40$). Nilai kuat tekan tertinggi pada mortar usia 28 hari sebesar 9.45 MPa yang terjadi pada variasi BU 4 dengan $W/B = 0.40$ dan mengalami penurunan kuat tekan dari variasi BU 5 dengan $W/B = 0.45$ ke variasi BU 7 dengan $W/B = 0.55$. Dari Gambar 4.57 diatas, menunjukkan waktu ikat awal dan ikat akhir yang terjadi pada BU 1 ($W/B = 0.25$) sampai BU 4 ($W/B = 0.40$) lebih cepat. Setelah mencapai puncak pada BU 4 dengan $W/B = 0.40$, BU 5 ke variasi BU 7 mengalami waktu ikat awal dan akhir lebih lama. Hal ini seiring dengan bertambahnya komposisi W/B menjadikan mortar semakin encer dan mudah dikerjakan namun memiliki dampak negatif yaitu menjadikan mortar memiliki kekuatan menurun serta menyebabkan waktu ikat awal dan ikat akhir menjadi lama.

3. Analisa Hubungan Dry Geopolymer Mortar dengan Penelitian yang Terkait pada Jurnal Internasional.

Penulis perlu melakukan studi literatur di dalam penulisan skripsi ini untuk membantu dalam pelaksanaan penelitian. Studi literatur ini difokuskan pada jurnal yang didapat dari berbagai sumber serta skripsi yang berasal dari perpustakaan Universitas Negeri Surabaya. Berikut hasil studi literatur yang didapat yaitu :

Tabel 15. Perbedaan Penelitian Terkait (Jurnal Internasional) dengan Penelitian Penulis.

No.	Perbedaan	<i>A novel method to produce dry geopolymer cement powder</i>	Pengaruh perbandingan <i>Water Binder Ratio</i> (W/B) terhadap Kuat tekan pada pembuatan <i>Dry Geopolymer Mortar</i> dengan NaOH 12 M
1	Bahan penyusun	a. SH = 6% b. CC = 10% c. GBFS = 84% d. W/B = 0.27%	a. SH = 6% b. CC = 10% c. Fly ash = 84% d. W/B = 0.40% e. Pasir = 2.75
2	Jenis benda uji	Pasta <i>dry geopolymer</i>	<i>Dry geopolymer mortar</i>
3	Pengujian	Kuat tekan Pasta <i>dry geopolymer</i>	Kuat tekan <i>dry geopolymer mortar</i>
4	Kandungan kimia	a. CC CaO = 55.91% LOI = 43.64% b. GBFS SiO ₂ = 37.81% Al ₂ O ₃ = 13.14% CaO = 38.70%	a. CC Ca = 94.95% b. Fly ash Si = 13.1% Al = 4.6% Ca = 24%
5	Suhu dan Lama pemanasan pembuatan <i>dry geopolymer</i>	80 ⁰ C selama 8 jam	110 ⁰ C selama 24 jam
6	<i>Setting time</i>	Initial time = 23 menit Final time = 69 menit	Initial time = 105 menit Final time = 330 menit
7	Hasil kuat tekan	52.97 MPa	9.45 Mpa

Dari Tabel 15 diatas, Penelitian H.A. Abdel-Gawwad dan S.A. Abo El-Enein. (2014) “*A novel method to produce dry geopolymer cement powder*” menghasilkan kuat tekan lebih tinggi daripada penelitian penulis yang lakukan. Hal ini disebabkan jenis benda uji yang berbeda. Pada penelitian terkait melakukan pengujian kuat tekan berupa pasta *dry geopolymer* yang membutuhkan W/B=0.27 sudah mencapai kuat tekan tertinggi. Sedangkan pada penelitian penulis melakukan pengujian berupa *dry geopolymer mortar* sehingga membutuhkan W/B=0.40 untuk mencapai kuat tekan tertinggi. Selain itu, kandungan kimia yang terkandung dalam Slag pada penelitian terkait lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan kimia pada *Fly ash*. Hal ini menyebabkan kandungan Si dan Al yang terkandung dalam penelitian penulis tidak terbentuk dengan sempurna sehingga kuat tekan yang dihasilkan rendah.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian kuat tekan *dry geopolymer mortar* mengalami peningkatan kuat tekan pada usia 7, 14, dan 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa, usia *dry geopolymer mortar* sangat berpengaruh terhadap besarnya kuat tekan.

2. *Water Binder Ratio* (W/B) berpengaruh terhadap *dry geopolymer mortar*. Terlihat bahwa, pada variasi W/B < 0.40 dan variasi W/B > 0.40 terjadi penurunan kuat tekan. Hal ini disebabkan, berat volume dan kuat tekan yang dihasilkan rendah.
3. Berat volume mortar terbesar yaitu 2.40 gram/cm³ dan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 9.45 MPa didapat pada variasi W/B = 0.40 pada usia 28 hari.
4. Besarnya berat volume pada *dry geopolymer mortar* berbanding lurus dengan besarnya kuat tekan yang dihasilkan.
5. Kuat tekan tertinggi yang dihasilkan *dry geopolymer mortar* pada W/B=0.40 usia 28 hari sebesar 9.45 MPa lebih rendah dibandingkan dengan kuat tekan tertinggi pada mortar kontrol (semen) usia 28 hari yaitu 29.27 MPa. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya sebagai berikut :
 - a) Kandungan Ca, Si dan Al yang rendah pada *Fly ash* tipe C yang digunakan dalam pembuatan *dry geopolymer mortar*.
 - b) Suhu dan lama pemanasan pasta *aktivator* yang berpengaruh pada konsentrasi atau kepekatan dari Sodium Hidroksida.
 - c) Pengaruh lama penyimpanan pada bubuk *aktivator* kering terhadap kuat tekan itu sendiri.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran-saran yang akan berguna pada masa mendatang, adapun saran-saran yang diberikan sebagai berikut :

1. Sebaiknya material inti yang digunakan menggunakan alternatif kandungan Ca, Si, dan Al yang lebih tinggi seperti Slag.
2. Sebaiknya dilakukan variasi lama penyimpanan pada bubuk *aktivator* kering yang digunakan untuk mengetahui pengaruh terhadap kuat tekan.
3. Mengatasi kesulitan pada mortar dengan *Water Binder Ratio* (W/B) tinggi dengan membuat penahan agar mortar tidak meluber.
4. Perlu diperhatikan dalam ketelitian mulai dari proses *mix design* mortar, proses persiapan bahan dan alat, proses pengerjaan mortar hingga proses perawatan mortar sehingga didapat kualitas terbaik yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. M., et al, dkk. 2013. *Asas Geopolimer (Teori & Amali)*. Perlis: Unit Penerbitan Universiti Malaysia Perlis

- American Standards of Testing Material (ASTM). 1995. *Standart Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use Mineral Admixture Volume 04 02*. ASTM C618 (304-306).
- American Standards of Testing Material (ASTM). 1996. *Concrete and Agregats Volume 04 02*. ASTM C618
- Davidovits, J (1991). *Geopolymer: Inorganic Polymeric New Materials*. Geopolymer Institut. France.
- Anonim (2002). SNI 03-6414-2002. *Tentang Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional SNI 03-6414-2002.
- Anonim (2002). SNI 03-6827-2002 *Tentang Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil*. Badan Standarisasi Nasional.
- Davidovits, J (1991). *Geopolymer. Inorganic Polymeric New Materials*. Geopolymer Institute, France.
- H.A. Abdel-Gawwad. dkk. 2014. *A novel method to produce dry geopolymer cement powder*. Cairo : Ain Shams University.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Wardhono, Arie, dkk. 2012. *Strength of Alkali Activated Slag and Fly Ash-based Geopolymer Mortar*. Japan: Japan Concrete Institute.

